



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze
Direttore: Prof.ssa Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE
IN
GEOLOGIA

**LE MICROFACIES DEL CALCARE MASSICCIO
(GIURASSICO INFERIORE, GOLA DI FRASASSI,
APPENNINO SETTENTRIONALE)
ED IL LORO COLORE**

Relatore: Dr. Nereo Preto

Laureando: Tommaso Goldin

ANNO ACCADEMICO 2012 / 2013

Sommario

Riassunto	pag. 2
Abstract	pag. 3
Scopo del lavoro	pag. 4
Introduzione	pag. 5
1. Inquadramento geografico	pag. 7
2. Inquadramento stratigrafico	pag. 8
3. Materiali e metodi	pag. 9
3.1. Sezioni sottili standard	pag. 9
3.2. Sezioni sottili lucide	pag. 10
3.3. Spettrometria dei raggi <i>X</i> di fluorescenza (<i>XRF</i>)	pag. 10
3.4. Analisi Elementare Strumentale (<i>CNS</i>)	pag. 12
4. Risultati	pag. 14
5. Discussione	pag. 18
6. Conclusioni	pag. 21
Bibliografia	pag. 22

Riassunto

Lo scopo principale di questo lavoro è quello di confermare l'eventuale correlazione esistente tra il colore degli strati e le microfacies della sezione stratigrafica del Calcare Massiccio ubicata all'interno della Cava Gola della Rossa (Serra San Quirico, Ancona).

Durante la campagna di campionamento sono stati raccolti 17 campioni. Successivamente da questi campioni sono state ricavate 17 sezioni sottili e 5 di questi campioni sono stati analizzati con *XRF* e *CNS*.

La correlazione tra il colore dei campioni e le microfacies e la possibile correlazione tra il colore dei campioni e il contenuto di pirite limonitizzata, sono state determinate dall'analisi petrografica. Mentre le analisi chimiche si sono rivelate non conclusive. Questo si ritiene sia dovuto al numero limitato di campioni analizzati. Si è comunque riscontrata una correlazione tra colore della roccia e contenuto in Alluminio.

La presenza di pirite limonitizzata nelle sole bancate sopratidali è stata ricondotta alla loro peculiarità di contenere stromatoliti. Allo stesso tempo, il maggiore contenuto di minerali silicatici nelle bancate sopratidali è ricondotto alla loro peculiarità di essere deposte in un ambiente principalmente subaereo.

Abstract

The main purpose of this work is to confirm the possible correlation extant between the color of rock and microfacies in the stratigraphic section of Calcare Massiccio located into Cava Gola della Rossa (Serra San Quirico, Ancona).

During the sampling field, 17 samples were collected. 17 thin sections were made and 5 of these samples were analyzed with *XRF* and *CNS*.

The correlation between color and microfacies and a possible correlation between color and the content of limonitized pyrite were established by petrographic analysis. Chemical analyses instead only suggest a correlation between color and content of Aluminum. The results of chemical analyses were inconclusive probably due to the small amount of samples.

In the end, the presence of limonitized pyrite only in supratidal facies was related to the occurrence of stromatolites. At the same time, the higher content of silica minerals, suggested by high *Al*, in the supratidal strata was traced back to their deposition in a principally subaerial environment.

Scopo del lavoro

Il seguente elaborato si prefigge lo scopo di supportare, attraverso indagini stratigrafiche, petrologiche e geochimiche, la possibilità di ricostruire l'intera sezione stratigrafica oggetto di studio, mediante tecniche in remoto (ovvero, tecniche fotogrammetriche e tecniche *LIDAR*), avendone precedentemente studiato solo una piccolissima porzione.

La sezione studiata, il Calcare Massiccio giurassico della Gola di Frasassi, è infatti caratterizzata da evidenti alternanze di colore che rendono possibile il riconoscimento di strati in fotografia. Ma perché sia giustificato l'uso di fotografie per ricostruire la stratigrafia del Calcare Massiccio, è necessario spiegare il meccanismo di colorazione della roccia. Le indagini descritte in questa tesi hanno quindi lo scopo di identificare la causa della diversa colorazione degli strati di Calcare Massiccio sul fronte della Cava Gola della Rossa, Gola di Frasassi, Appennino Umbro-Marchigiano.

Introduzione

La scelta della Cava Gola della Rossa, in località Serra San Quirico (Ancona) (**Fig. 2**), come area di studio non è stata assolutamente casuale. Infatti, grazie all'attività di cava, iniziata già a partire dal 1800 (<http://www.cavagroup.com/cavagr/catalogo/default.asp?cat={49EF8F97-58A9-4758-BBEA-E43BEF74E220}>), è stata messa a giorno un'esposizione stratigrafica particolarmente bene esposta (**Fig. 1A**). Questa esposizione fornisce un'ottima opportunità di ricavare una serie stratigrafica del Calcare Massiccio eccezionalmente lunga.



Figura 1A. Foto dell'intera sezione stratigrafica oggetto di studio. Si noti la stratificazione messa ben in evidenza dall'alternanza di bancate di diverso colore. Autore: L. Penasa.

La prima, ma anche sicuramente la più importante, caratteristica che salta all'occhio guardando la parete all'interno della cava, è l'alternanza di bancate metriche di colore più chiaro (color crema) a bancate, sempre metriche, di colore

più scuro (colore grigio chiaro o color nocciola) (**Fig. 1A**, **Fig. 1B**). Queste alternanze di colore definiscono la stratificazione della sezione stessa.

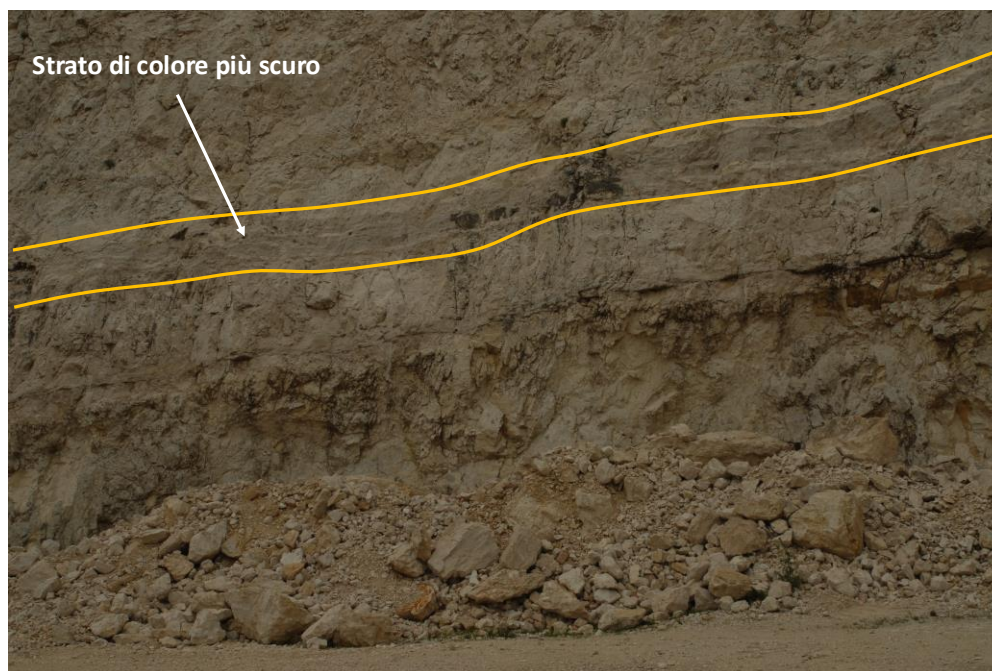


Figura 1B. Foto della porzione dell'intera sezione stratigrafica oggetto di studio.

Essendo però una successione stratigrafica definita da variazioni di facies e non da variazioni di colore, per rispondere alla domanda se abbia o meno senso cercare di ricostruire l'intera sezione stratigrafica utilizzando solamente tecniche fotogrammetriche e tecniche *LIDAR*, si è dovuto capire se ci fosse una qualche correlazione tra il colore delle bancate e le rispettive microfacies e se il colore delle bancate fosse o meno una caratteristica legata all'ambiente deposizionale delle bancate stesse. Per rispondere a questo secondo quesito, è stato necessario identificare quale componente della roccia le conferisse il colore.

1. Inquadramento geografico

L'Appennino Umbro-Marchigiano rappresenta la porzione sudorientale dell'Appennino Settentrionale (Passeri, 1994) (**Fig. 2**). A nord è limitato dalla colata della Val Marecchia, coltre di argilla scagliosa (<http://it.wikipedia.org/wiki/Valmarecchia>) localizzata a cavallo fra le Marche (a nord della provincia di Pesaro e Urbino), l'Emilia-Romagna (a ovest della provincia di Rimini), la Toscana (a est della provincia di Arezzo) e la Repubblica di San Marino. A sud è limitato dai Monti della Laga, catena montuosa che corre lungo il confine tra l'Abruzzo, le Marche ed il Lazio, a cavallo tra le provincie di L'Aquila, Teramo, Ascoli Piceno e Rieti. Ad ovest è limitato dalla depressione Val di Chiana-Valle del Paglia, valle alluvionale ricompresa tra le provincie di Arezzo e Siena, in Toscana, tra quelle di Perugia e Terni, in Umbria, e quella di Viterbo, in Lazio.



Figura 2. Localizzazione geografica dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Modificata dall'autore. Fonte: <http://map.project-osrm.org>.

2. Inquadramento stratigrafico

Con il nome formazionale di Calcare Massiccio, si indicano calcari a stratificazione indistinta (Petti *et al.*, 2007), di ambiente neritico (Verra, 1883; Zittel, 1869), posti stratificamente alla base delle successioni giurassiche dell'Appennino Centro-Settentrionale.

Lo spessore del Calcare Massiccio, complessivamente, varia da un minimo di 150 *m* ad un massimo di 700-800 *m* nell'area umbro-marchigiana (Centamore *et al.*, 1971; Galluzzo e Santantonio, 2002).

Nell'area umbro-marchigiana il Calcare Massiccio è costituito da calcari biancastri in grosse bancate, potenti da 1 a 10 *m* (Marino, 2004), rappresentati da *grainstone* con oncoidi e peloidi (Petti *et al.*, 2007), ed è caratterizzato principalmente da sedimentazione ciclotemica, con cicli *shallowing upward* rappresentati da una successione di facies subtidali, intertidali e sopratidali (Colacicchi *et al.*, 1975; Marino, 2004; Piali, 1971) con uno spessore complessivo dell'ordine dei 700 *m* (Petti *et al.*, 2007).

Complessivamente, l'ambiente deposizionale del Calcare Massiccio è riferibile ad una piattaforma carbonatica subtropicale (Petti *et al.*, 2007). In questo si possono riconoscere vari subambienti: piane tidali di bassa e di alta energia, caratterizzate da tappeti algali con *fenestrae* nelle zone intertidali, canali di marea con oncoidi e da porzioni sopratidali ricche di pisoliti vadose; lagune fangose di bassa energia, rappresentate da banchi massivi bioturbati; *shoals* oolitici, di alta energia, prevalentemente presenti nella parte bassa e a volte in quella superiore (Petti *et al.*, 2007).

Successivamente, nel Lias Inferiore, questa piattaforma carbonatica è stata disarticolata da tettonica estensionale; si sono così originati alti e bassi strutturali che hanno avuto sedimentazione differenziata: gli alti hanno continuato ad avere sedimentazione di acqua bassa, mentre nelle zone di basso strutturale la piattaforma è annegata precocemente (Petti *et al.*, 2007).

Nell'Appennino Umbro-Marchigiano la formazione sovrastante al Calcarea Massiccio è rappresentata dalla Corniola nelle successioni bacinali e dal “gruppo del Bugarone” nelle successioni di alto strutturale. In entrambi i casi il limite è caratterizzato dal passaggio da facies neritiche massive a facies pelagiche con stratificazione netta (Petti *et al.*, 2007).

La Formazione del Calcarea Massiccio costituisce l'unità più antica della successione rinvenibile nell'area oggetto di studio (**Fig. 3**) e non ne affiora il limite inferiore (Guerrera e Tramontana, in stampa).

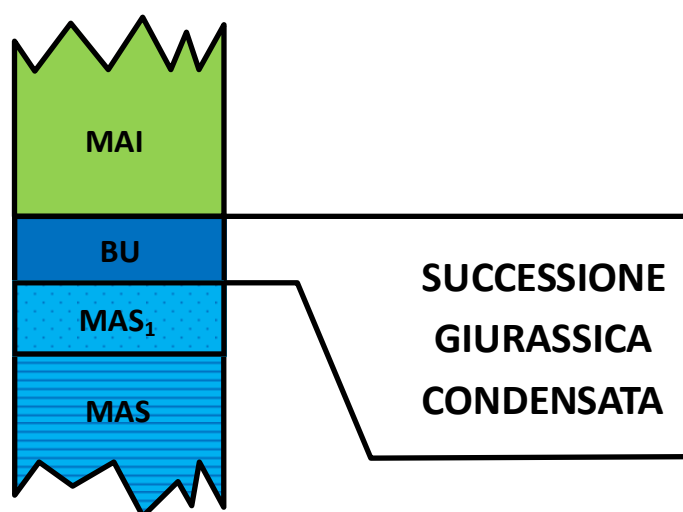


Figura 3. Schema dei rapporti stratigrafici della Formazione del Calcarea Massiccio nell'area oggetto di studio. (**MAS**: Calcarea Massiccio, **MAS₁**: Membro del Calcarea Massiccio B, **BU**: Gruppo del Bugarone, **MAI**: Maiolica)

Nell'area oggetto di studio, il Calcarea massiccio (**MAS**) è costituito da calcari biancastri granulo-sostenuti in strati massicci, con intercalazioni di calcari color nocciola prevalentemente fango-sostenuti, in strati medio-sottili, con strutture riferibili ad ambiente peritidale. L'età è Hettangiano-Sinemuriano inferiore *p.p.* (Guerrera e Tramontana, in stampa). È questa la facies di Calcarea Massiccio che affiora nella Cava Gola della Rossa.

3. Materiali e metodi

3.1. Sezioni sottili standard

Da una sezione stratigrafica misurata sul fronte della Cava Gola della Rossa sono stati raccolti 17 campioni, preparati poi come sezioni sottili standard presso i laboratori del Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova.

Per il taglio del campione sono state utilizzate le troncatrici *Struers Unitom-2* e *Struers Labotom-2* e la minitroncatrice *Buehler Isomet 1000*, tutte munite di dischi diamantati a corona continua raffreddati ad acqua.

Per la spianatura dei *chips* sono state utilizzate pulitrici dotate di piatto rotante, sulla cui superficie è stato incollato un foglio di carta abrasiva adesiva a grana grossa (carburo di silicio 60 e 120 *mesh*).

Per la lappatura dei *chips* sono stati utilizzati le lappatrici semi-automatiche *Struers LaboPol-5* e *Struers PlanoPol-3* e un abrasivo composto da una miscela di polvere di carburo di silicio (grana 600 *mesh*) ed acqua.

Per la pulitura manuale dei *chips* sono stati utilizzati un piatto rettangolare di vetro e un abrasivo composto da una miscela di polvere di carburo di silicio (grana 800 *mesh*) ed acqua.

Per l'asciugatura dei *chips* è stata utilizzata una piastra riscaldante, impostata ad una temperatura tra i 90 e i 100 °C. Per la completa asciugatura sono necessarie all'incirca 12 ore.

Per la smerigliatura dei vetrini portaoggetti sono stati utilizzati un piatto rettangolare di vetro e un abrasivo composto da una miscela di polvere di carburo di silicio (grana 800 *mesh*) ed acqua.

Per l'incollaggio dei *chips* sui vetrini portaoggetti è stata utilizzata la resina epossidica *Araldite 2011*. Per la completa asciugatura della resina è necessario lasciare i *chips* sulla piastra riscaldante per 1 ora.

Per il retrotaglio dei *chips* è stato utilizzato il sistema di assottigliamento *Buehler Petrothin*.

Per la finitura delle sezioni così ottenute sono stati utilizzati due piatti rettangolari di vetro e un abrasivo composto da una miscela di polvere di carburo di silicio (grana 800 e 500 *mesh*) ed acqua.

Per la copertura delle sezioni sottili è stata utilizzata una vernice spray acrilica trasparente.

Per lo studio delle sezioni sottili è stato utilizzato un microscopio ottico polarizzatore a luce trasmessa.

3.2. Sezioni sottili lucide

Una sezione sottile (la *GDR 15*) è stata scelta per la lucidatura e osservazione con microscopio polarizzatore a luce riflessa. Lo spray acrilico è stato rimosso con acetone, e la sezione è stata prelucidata con carburo di silicio 1200 *mesh*. La sezione è stata poi finita con lucidatrici *Struers Labopol-35*, con braccio *labo-Force Mi*, e *Beuhler Vibromet 2*, abrasivi composti da una sospensione diamantata di granulometria 6 e 1 μm e da silice colloidale a *pH* 9,5 e granulometria 0,06 μm e panni di seta.

3.3. Spettrometria dei raggi X di fluorescenza (XRF)

Cinque campioni sono stati selezionati per analisi chimica della roccia totale. Per ogni campione sono stati ottenuti manualmente *ca.* 2 g di polvere con un mortaio d'agata. Le polveri così ottenute sono state analizzate dal laboratorio di analisi chimiche *XRF* presso il Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova.

Per la determinazione della perdita al fuoco (*L.O.I*, *Loss On Ignition*) è stata utilizzata una muffola, a 860 °C per circa 20 *minuti* e, successivamente, a 980 °C per circa 2 *ore*.

Per la preparazione delle perle sono stati utilizzati un crogiolo di platino-oro-rodio (*Pt* 95%, *Au* 3%, *Rh* 2%), al cui interno sono stati messi 0,65 g di campione e 6,5 g di sale fondente (tetraborato di litio, $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ed una perlitrice *Claisse Fluxy*.

Per uno dei campioni (il *GDR 7B*) la preparazione della perla è fallita.

Per le analisi è stato utilizzato lo spettrometro sequenziale *WDS Philips PW2400*, operante con il software *SuperQ* per le analisi quantitative e qualitative.

3.4. Analisi Elementare Strumentale (*CNS*)

Le polveri ottenute per le analisi chimiche sono state quartate e una porzione è stata analizzata per la determinazione del *TOC* (*Total Organic Carbon*) presso il Laboratorio di Analisi Elementare Strumentale del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente (*DAFNAE*), Università di Padova.

Le polveri sono state seccate in forno a circa 30 °C per una notte.

La polvere secca è stata così suddivisa:

1. Circa 100 *mg* di polvere sono stati destinati alla misurazione del carbonio totale (C_{totale}) tramite analizzatore *CNS*;
2. Circa 100 *mg* di polvere sono stati passati in muffola per eliminare il carbonio organico dal campione (processo che avviene quando si raggiunge una temperatura di 570 °C) e successivamente analizzati al *CNS* per stimare il carbonio inorganico ($C_{inorganico}$);
3. Circa 100 *mg* di polvere sono stati trattati con acido cloridrico (*HCl*) diluito al 10% per eliminare il carbonio inorganico dal campione e successivamente analizzati al *CNS* per valutare il contenuto in carbonio organico totale (*TOC*, *Total Organic Carbon*).

La preparazione dei vari sub-campioni prevede un'iniziale omogeneizzazione tramite setacciatura a 500 μm (35 *mesh*).

L'analisi al *CNS* richiede la preparazione dei campioni polverizzati in capsule: a questo scopo sono stati creati piccoli involucri avvolgendo dei foglietti di *Sn* (per la misurazione del carbonio totale, C_{totale}) o di *Ag* (per la stima del carbonio inorganico, $C_{inorganico}$, e del carbonio organico totale, *TOC*).

Nei “vascelli” così preparati è stata successivamente aggiunta una quantità di agente ossidante (triossido di *W*, WO_3) pari alla metà del peso del preparato (quindi *ca.* 50 *mg*). I 150 *mg* di preparato così ottenuti sono stati, quindi, inseriti in capsule di *Sn* in cui è stato, successivamente, creato il vuoto.

Per l’analisi dei campioni è stato utilizzato un analizzatore elementare *Elementar Analysensysteme GmbH vario MACRO*.

L’analisi è stata calibrata utilizzando *Sulfanilamide* come standard.

4. Risultati

Qui di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dall'analisi petrografica delle varie sezioni sottili standard (**Tab. 1**) e i risultati ottenuti dalle analisi chimiche *XRF* (**Tab. 2A; Tab. 2B**) e *CNS* (**Tab. 3**).

CAMPIONE	COLORE	PIRITE LIMONITIZZATA	MICROFACIES	ALTRE INFORMAZIONI UTILI
<i>GDR 1</i>	Chiaro	No	M GA PL	
<i>GDR 2</i>	Chiaro	No	M GA PL	Tracce di BIOTURBAZIONE
<i>GDR 3</i>	Scuro	Sì	M PS F PL	LAMINE STROMATOLITICHE
			P PS F PL	
<i>GDR 4</i>	Chiaro	No	M GA	Tracce di BIOTURBAZIONE
<i>GDR 5</i>	Chiaro	No	FL GA PL LO	
<i>GDR 6</i>	Scuro	Sì	P PL LO F	LAMINAZIONE INDOTTA DALLA PRESENZA DI GRANDI <i>FENESTRAE</i> PLANARI
			G/R PL LO	
<i>GDR 7A</i>	Scuro	Sì	P PI PL F	LAMINE STROMATOLITICHE
			W PI PL F	
			M PI PL F	
<i>GDR 7B</i>	Scuro	Sì <i>Principalmente lungo i bordi dei cristalli</i>	R PI PL F	LAMINE STROMATOLITICHE
<i>GDR 8</i>	Chiaro	No	M F PL	
<i>GDR 9</i>	Chiaro	No	M GA PL	
<i>GDR 10</i>	Chiaro	No	M F PL	LAMINE STROMATOLITICHE <i>Separano il Packstone dal Grainstone</i>
	Scuro	Sì	P F PL	
			G F PL	
<i>GDR 11</i>	Chiaro	No	M GA	
<i>GDR 12</i>	Scuro	Poca	G PS PL F	TEPEE STRUCTURES LAMINE STROMATOLITICHE
			W PS PL F	
			M PS PL F	
<i>GDR 13</i>	Chiaro	No	W PS PL F	
<i>GDR 14</i>	Chiaro	No	W PS PL F	LAMINE STROMATOLITICHE
			M PS PL F	
<i>GDR 15</i>	Scuro	Sì <i>Principalmente lungo i bordi delle cavità</i>	P PS PL F	TEPEE STRUCTURES LAMINE STROMATOLITICHE <i>Separano il Packstone dal Mudstone</i>
	Chiaro	No	M PS PL F	
			W PS PL F	
<i>GDR 16</i>	Chiaro	Poca	W PS PL F	

Tabella 1. Questa tabella riporta i risultati ottenuti dalle analisi petrografiche delle varie sezioni sottili standard. (**M**: Mudstone, **W**: Wackestone, **P**: Packstone, **G**: Grainstone, **FL**: Floatstone, **R**: Rudstone, **GA**: Gasteropodi, **PL**: Peloidi, **PS**: Pisoliti, **PI**: Pisoidi, **LO**: Lenti ad oncoidi, **F**: Fenestre)

Dall'analisi petrografica delle sezioni sottili è stato possibile notare che le sezioni sottili derivanti da campioni di colore scuro presentassero una quantità maggiore di un minerale formante, in sezione sottile, sezioni squadrate e pentagonali (**Fig. 4B**) di colore marrone-rossastro quasi opaco (**Fig. 4C**). Questo minerale è stato preliminarmente identificato come pirite.

Per confermare questa ipotesi preliminare si è proceduto alla lucidatura di una sezione sottile derivante da un campione di colore molto scuro (il *GDR 15*) (**Fig. 4A**); questa sezione sottile lucida è stata poi analizzata con un microscopio ottico polarizzatore a luce riflessa.

Il minerale presenta, a nicol paralleli (**Fig. 4B**), una riflettanza inferiore a quella dei minerali con lucentezza metallica e, a nicol incrociati (**Fig. 4C**), un colore ambrato.

Pertanto, esso è stato determinato come limonite pseudomorfa su pirite. La limonite è una mescolanza di idrossidi di *Fe*, quali goethite e lepidocrocite, con o senza ematite ed acqua.

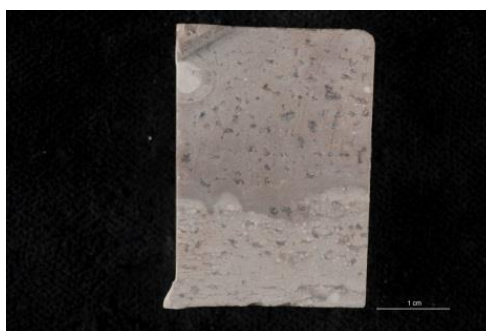


Figura 4A. Foto del retrotaglio del *chip* del campione **GDR 15**. Autore: S. Castelli.

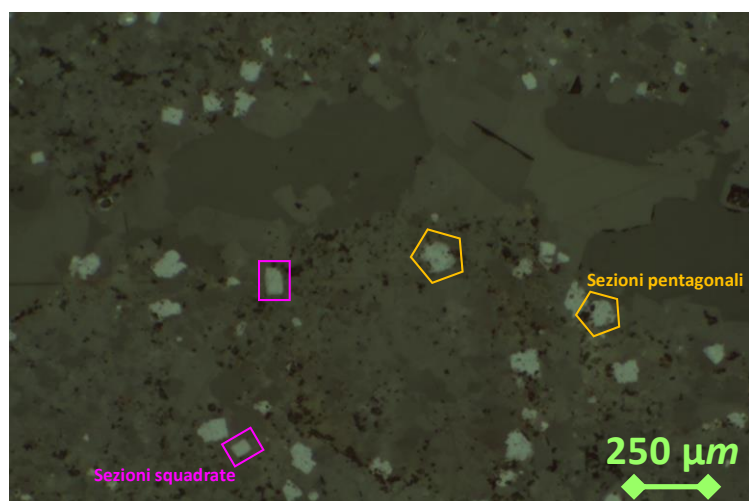


Figura 4B. Foto della sezione sottile lucida del campione **GDR 15**. Microscopio ottico polarizzatore a luce riflessa. Nicol paralleli. Ingrandimento: **20 ×**. Autore: P. Nimis.

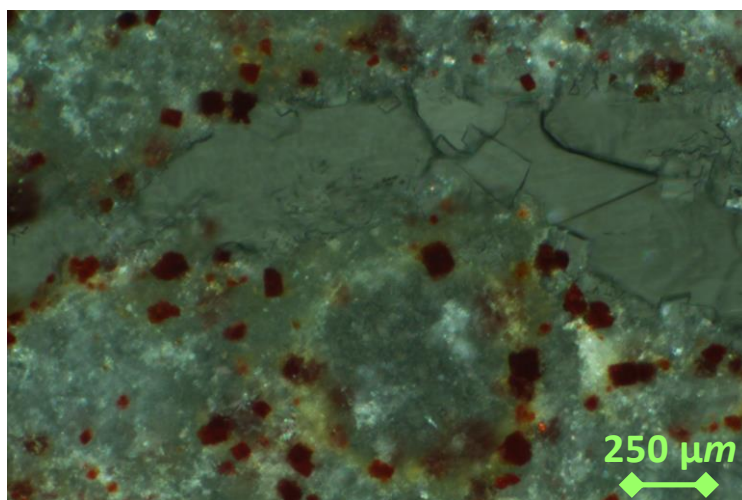


Figura 4C. Foto della sezione sottile lucida del campione **GDR 15**. Microscopio ottico polarizzatore a luce riflessa. Nicol incrociati. Diaframma completamente aperto. Ingrandimento: **20 ×**. Autore: P. Nimis.

% OSSIDI RELATIVI ELEMENTI MAGGIORI	CAMPIONI				
	GDR 2	GDR 7B	GDR 11	GDR 12	GDR 15
SiO_2	< 0,2		< 0,2	< 0,2	< 0,2
TiO_2	< 0,005		< 0,005	< 0,005	< 0,005
Al_2O_3	0,05		0,03	0,09	0,14
Fe_2O_3	0,02		0,02	0,03	0,06
MnO	< 0,005		< 0,005	< 0,005	< 0,005
MgO	0,89		0,19	0,57	3,76
CaO	55,19		56,44	55,43	51,72
Na_2O	< 0,005		< 0,005	< 0,005	< 0,005
K_2O	< 0,005		< 0,005	< 0,005	< 0,005
P_2O_5	< 0,005		< 0,005	< 0,005	< 0,005

Tabella 2A. Questa tabella riporta i risultati delle analisi chimiche **XRF**.

<i>ppm</i> ELEMENTI IN TRACCIA	CAMPIONI				
	<i>GDR 2</i>	<i>GDR 7B</i>	<i>GDR 11</i>	<i>GDR 12</i>	<i>GDR 15</i>
<i>S</i>	72		10	122	14
<i>Sc</i>	< 5		< 5	< 5	< 5
<i>V</i>	< 5		< 5	< 5	5
<i>Cr</i>	< 6		10	8	9
<i>Co</i>	< 3		< 3	< 3	3
<i>Ni</i>	5		11	< 3	19
<i>Cu</i>	15		14	14	15
<i>Zn</i>	5		5	6	8
<i>Ga</i>	< 5		< 5	< 5	< 5
<i>Rb</i>	< 3		< 3	< 3	< 3
<i>Sr</i>	144		154	164	139
<i>Y</i>	< 3		< 3	< 3	< 3
<i>Zr</i>	5		5	5	6
<i>Nb</i>	< 3		< 3	< 3	< 3
<i>Ba</i>	13		12	15	11
<i>La</i>	< 10		< 10	< 10	< 10
<i>Ce</i>	< 10		< 10	< 10	< 10
<i>Nd</i>	11		18	10	15
<i>Pb</i>	< 5		< 5	< 5	< 5
<i>Th</i>	14		11	18	16
<i>U</i>	< 3		< 3	< 3	3

Tabella 2B. Questa tabella riporta i risultati ottenuti dalle analisi chimiche *XRF*.

%	CAMPIONI				
	<i>GDR 2</i>	<i>GDR 7B</i>	<i>GDR 11</i>	<i>GDR 12</i>	<i>GDR 15</i>
<i>N</i>	0,059	0,106	0,079	0,043	0,077
<i>C_{totale}</i>	12,130	12,088	12,125	12,084	12,200
<i>S</i>	0,054	0,062	0,164	0,033	0,048
<i>C_{inorganico}</i>	12,034	11,967	12,002	11,985	11,970
<i>C_{organico}</i>	0,096	0,121	0,123	0,099	0,230

Tabella 3. Questa tabella riporta i risultati ottenuti dalle analisi chimiche *CNS*.

5. Discussione

Si osserva una relazione piuttosto netta tra il colore dei campioni e le rispettive microfacies (**Tab. 1**). Ai campioni di colore chiaro (**Fig. 5A**) sono associate tessiture fango-sostenute (*mudstone* (**Fig. 5B**), *wackestone* e, di rado, *floatstone*), mentre ai campioni di colore scuro (**Fig. 6A**) sono associate tessiture grano-sostenute (*packstone* (**Fig. 6B**), *grainstone* e, di rado, *rudstone*) con rare porzioni caratterizzate da tessiture fango-sostenute (**Fig. 6B**).

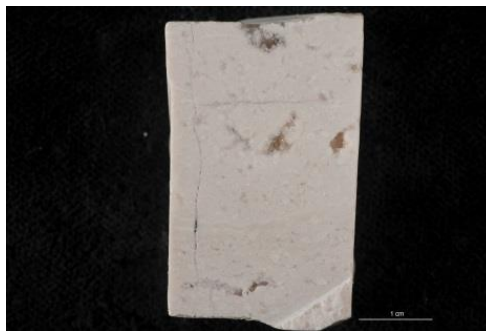


Figura 5A. Foto del retrotaglio del *chip* del campione **GDR 2**. Autore: S. Castelli.

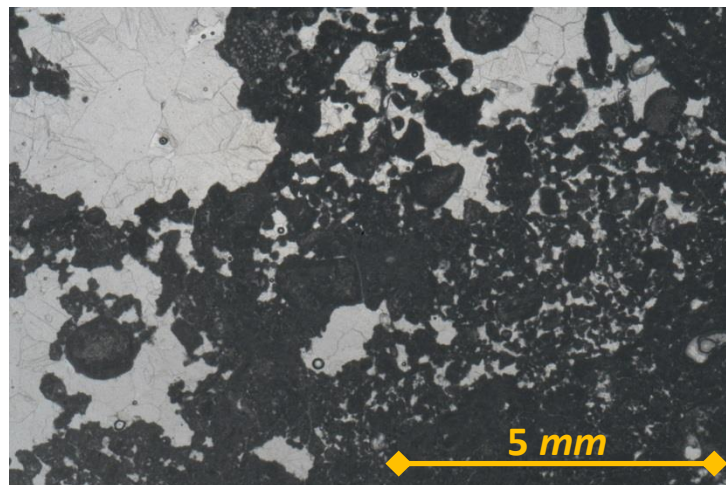


Figura 5B. Foto della sezione sottile del campione **GDR 2**. Ingrandimento: 6,3 ×.



Figura 6A. Foto del retrotaglio del *chip* del campione **GDR 3**. Autore: S. Castelli.

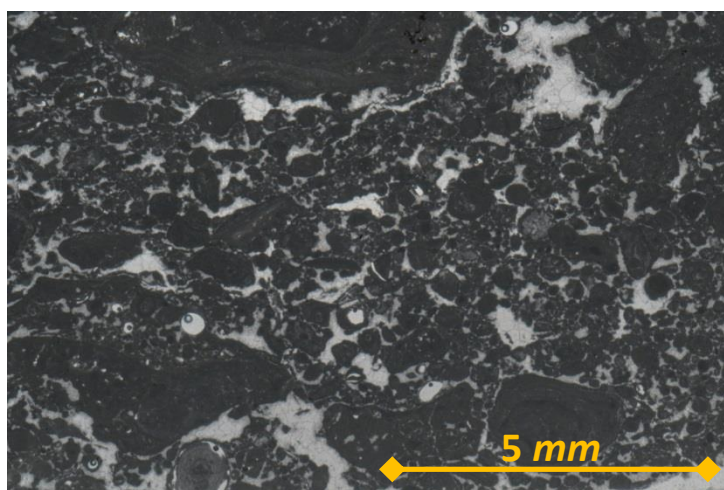


Figura 6B. Foto della sezione sottile del campione **GDR 3**. Ingrandimento: 6,3 ×.

Dalle osservazioni di campagna, si è stabilito che le tessiture fango-sostenute sono caratteristiche di facies subtidali, mentre le tessiture grano-sostenute caratterizzano le facies sopratidali (**Tab. 1**). Il colore della roccia è pertanto correlato con l'ambiente deposizionale.

Per rispondere, adesso, alla domanda sul perché i calcari siano colorati, sarà necessario mettere insieme i risultati delle analisi petrografiche (**Tab. 1**), con la composizione chimica totale dei campioni analizzati ottenuta dalla spettrometria dei raggi *X* di fluorescenza (**Tab. 2A**) e con la percentuale di carbonio organico ottenuta dall'analisi chimica strumentale elementare *CNS* (**Tab. 3**). Questa risposta, però, non è così evidente.

Una prima osservazione, derivante dalle analisi petrografiche, è che a colori scuri corrisponde sempre la presenza di pirite (limonitizzata). Il colore sembrerebbe diventare più scuro all'aumentare del contenuto di pirite limonitizzata (**Tab. 1**).

La correlazione tra colore dei campioni e contenuto di pirite limonitizzata non è però confermata dai risultati delle analisi chimiche *XRF* (**Tab. 2A**). Ad esempio, il contenuto percentuale in *Fe* dei campioni *GDR 2* (di colore chiaro) e *GDR 12* (di colore scuro) varia di meno dello 0,01%.

Si ritiene che questo risultato apparentemente negativo possa dipendere dal numero troppo esiguo di campioni analizzati.

Allo stesso tempo, però, dai risultati delle analisi chimiche *XRF* (**Tab. 2A**) è possibile notare che ai campioni di colore scuro è associato un maggior contenuto di *Al* rispetto ai campioni di colore chiaro. La possibile correlazione tra il colore dei campioni ed il loro contenuto percentuale *Al* (il colore sembrerebbe diventare più scuro all'aumentare del contenuto di *Al*), può essere interpretata come una correlazione tra il colore ed il contenuto di granuli detritici e/o minerali argillosi.

Una covarianza tra il colore dei campioni e il contenuto di carbonio organico, sembrerebbe essere del tutto esclusa dai risultati delle analisi *CNS* (**Tab. 2A**).

La presenza di pirite all'interno delle bancate sopratidali potrebbe essere spiegata con il metabolismo dei batteri solforiduttori che sono tipicamente coinvolti nella formazione delle stromatoliti.

La respirazione anaerobica di solforiduzione libera acido solfidrico secondo la reazione $2 \cdot CH_2O + SO_4^{2-} \rightarrow H_2S + 2 \cdot HCO_3^-$.

L'acido solfidrico può reagire con il *Fe* disciolto nelle acque di poro per formare pirite, che, quindi, risulterà esclusiva della facies sopratidali.

La maggior concentrazione di silicati all'interno delle facies sopratidali potrebbe essere dovuta o all'intrappolamento, da parte dei batteri che compongono una stromatolite, di granuli detritici trasportati, ad esempio, dal vento, o alla più bassa velocità di sedimentazione delle facies sopratidali rispetto a quelle subtidali, la quale implica, a parità di condizioni e di spessore, un maggior accumulo di minerali detritici all'interno delle facies sopratidali.

Non avendo però identificato i minerali silicatici associati alla presenza di *Al*, non è nemmeno possibile sapere se tali minerali siano coloranti.

6. Conclusioni

Esiste una netta relazione tra colore, microfacies (**Tab. 1**) ed ambiente deposizionale. Pertanto, è sensato utilizzare tecniche fotogrammetriche per ricostruire l'intera sezione stratigrafica del fronte di Cava Gola della Rossa.

Per determinare con certezza la causa della colorazione dei calcari sarà necessario svolgere altre analisi chimiche.

In via preliminare, si accettano le osservazioni petrografiche che indicano maggiore abbondanza di pirite limonitizzata nei campioni di colore scuro.

La presenza di pirite nelle facies sopratidali potrebbe essere spiegata come un sottoprodotto del metabolismo di batteri solforiduttori presenti nelle stromatoliti della piana sopratidale.

Esiste una correlazione tra colore della roccia e concentrazione di *Al*, il cui significato però non è ancora stato chiarito.

Bibliografia

Centamore E., Catenacci V., Chiocchini M., Chiocchini U., Jacobacci A., Martelli G., Micarelli A. & Valletta M. (1975) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 291, Pergola*. Serv. Geol. d'It.: pp. 40, 2 figg., Roma.

Centamore E., Chiocchini M., Deiana G., Micarelli A. & Pieruccini U. (1971) – *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino Umbro-Marchigiano*. Studi Geol. Camerti, **1**: 7-89, 7 figg., 45 tavv., 2 allegati, Camerino.

Colacicchi R., Passeri L. & Piali G. (1975) – *Evidences of Tidal Environment Deposit in the Calcare Massiccio Formation (Central Apennines-Lower Lias.)*. In: Tidal Deposits, R.N. Ginsburg (Ed.), Springer-Verlag: 345-353, New York.

Demicco R.V. & Hardie L.A. (1994) – *Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits*. SEPM (Ed.), pp. 265, Tulsa.

Flügel E. & Munnecke A. (2010) – *Microfacies of carbonate rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer, pp. 984, Berlin, Heidelberg.

Galluzzo F. & Santantonio M. (2002) – *The Sabina Plateau: a new element in the Mesozoic paleogeography of Central Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec., **1**: 561-588, 30 figg., Roma.

Guerrera F. & Tramontana M. (in stampa) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 292 Jesi*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: pp. 122, Roma.

Marino M. (2004) – *Multidisciplinary analysis of the geological record of carbonate platform drowning: the Calcare Massiccio-Carniola boundary in the Lower Jurassic of the Umbria-Marche-Sabina Apennines (Central Italy)*. Tesi di

Dottorato in Scienze della Terra, XVI ciclo, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”: pp. 129, Roma.

Passeri L. (1994) – *Appennino Umbro-Marchigiano. 15 itinerari*. BE-MA editrice, pp. 301, Milano.

Passeri L. & Venturi F. (2005) – *Timing and cause of drowning of the Calcare Massiccio platform in Northern Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., **124** (1): 247-258, 11 figg., Roma.

Petti F.M., Falorni P. & Marino M. (2007) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Catalogo delle formazioni (Fascicolo VI)*. APAT, Dipartimento Difesa del Suolo - CNR - Commissione Italiana di Stratigrafia - Servizio Geologico d'Italia, pp. 318, Roma.

Pialli G. (1971) – *Facies di Piana Cotidale nel Calcare Massiccio dell'Appennino Umbro-Marchigiano*. Boll. Soc. Geol. It., **90**: 481-507, 15 figg., Roma.

Verri A. (1883) – *Appunti sul Bacino del Cascio e del Topino*. Boll. Soc. Geol. It., **2**: 108-125, Roma.

Zittel K.A. (1869) – *Geologische Beobachtungen aus den Central-Apenninen*. Benekens geognostisch-palaeont. Beitrage, **2**: 92-176, 3 figg., 15 tavv., Munchen Oldenburg.